

Системи підпорядкованого регулювання координатами електроприводів змінного та постійного струму на основі концепції зворотних задач динаміки

Островецьков М.Я., Бурик М.П., НТУУ «Київський політехнічний інститут»

Традиційні системи підпорядкованого регулювання при оптимізації контурів як за модульним, так і за симетричним оптимумами мають наступні недоліки, а саме: закони керування координатами електроприводів по своїй природі є компенсаційного типу, висока чутливість до параметричних збурень. У результаті для забезпечення заданої якості керування потрібні точні значення параметрів об'єкта, а при їхній зміні – додаткові алгоритми ідентифікації або адаптації. Ця обставина ускладнює застосування класичних систем підпорядкованого керування з послідовною корекцією для ряду електроприводів із широким діапазоном регулювання швидкості та високими динамічними властивостями.

Вказані проблеми електропривода вирішуються за допомогою методів на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергій, які розвиваються в останні десятиліття для керування складними механічними системами.

Бажана якість керування замкнутого контуру при застосуванні концепції зворотних задач динаміки задається за допомогою диференційного рівняння наступного виду [1]

$$\frac{d^n z}{dt^n} + \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i \frac{d^i z}{dt^i} = \sum_{j=0}^m \beta_j \frac{d^j x^*}{dt^j}. \quad (1)$$

Коефіцієнти рівняння γ_i та β_j визначають характер та тривалість перехідного процесу вихідної координати z при русі по заданій траєкторії x^* . Зв'язок між коефіцієнтами моделей та показниками якості керування встановлюється за допомогою відомих кореневих чи частотних методів з уточненням шляхом моделювання.

Ступінь наближення реального процесу до бажаного оцінюється функціоналом

$$G(u, \dot{u}, \dots, u^{(m)}) = \frac{1}{2} \left[z^{(n)}(t) - \phi^{(n)}(t, u, \dot{u}, \dots, u^{(m)}) \right]^2. \quad (2)$$

Відхилення параметрів об'єкта від розрахункових призводить до погіршення якості керування. Цей недолік усувається, якщо застосувати мінімізацію функціонала, що здійснюється за градієнтним законом

$$\frac{du^m(t)}{dt} = -\lambda \frac{dG(u, \dot{u}, \dots)}{du^m}, \quad \lambda = \text{const.} \quad (3)$$

Наприклад для забезпечення астатизму другого порядку за керуючою дією рівняння, яким задається бажана якість керування частотою обертання ротора двигуна постійного струму з незалежним збудженням, приймається другого порядку $\ddot{z} + \alpha_I \dot{z} + \alpha_0 z = \alpha_I \dot{x}^* + \alpha_0 x^*$. Функціоналом, який характеризує нормовану за моментом інерції енергію другої похідної кінетичної енергії, має наступний вигляд

$$G(x^*) = \frac{I}{2} [\ddot{z}(t) - \ddot{\alpha}(t, x^*)]^2.$$

В результаті мінімізації нетрадиційний закон керування частотою обертання ротора двигуна постійного струму приймає вид

$$\begin{aligned} x^*(t) &= k_\omega [z - \omega] \\ z &= \int f_0 dt \\ f_0 &= \alpha_0 \int (\omega^* - \omega) dt + \alpha_I (\omega^* - \omega). \end{aligned} \quad (4)$$

Алгоритми підпорядкованої системи керування координатами електроприводів на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів енергій руху забезпечують високу якість керування в статичному та в перехідному режимах в умовах параметричних та координатних збурень, підвищують точність, надійність роботи усього технологічного встаткування, збільшують ступінь автоматизації виробництва та покращують продуктивність технологічного встаткування, що в сукупності дає значний економічний ефект.

1. Островерхов М.Я. Підпорядкована система керування координатами електропривода на основі концепції зворотних задач динаміки / М.Я. Островерхов, В.М. Пижов, М.П. Бурик // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково – виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2011. – Вип. 3/2011(15) – С. 21-25.